

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

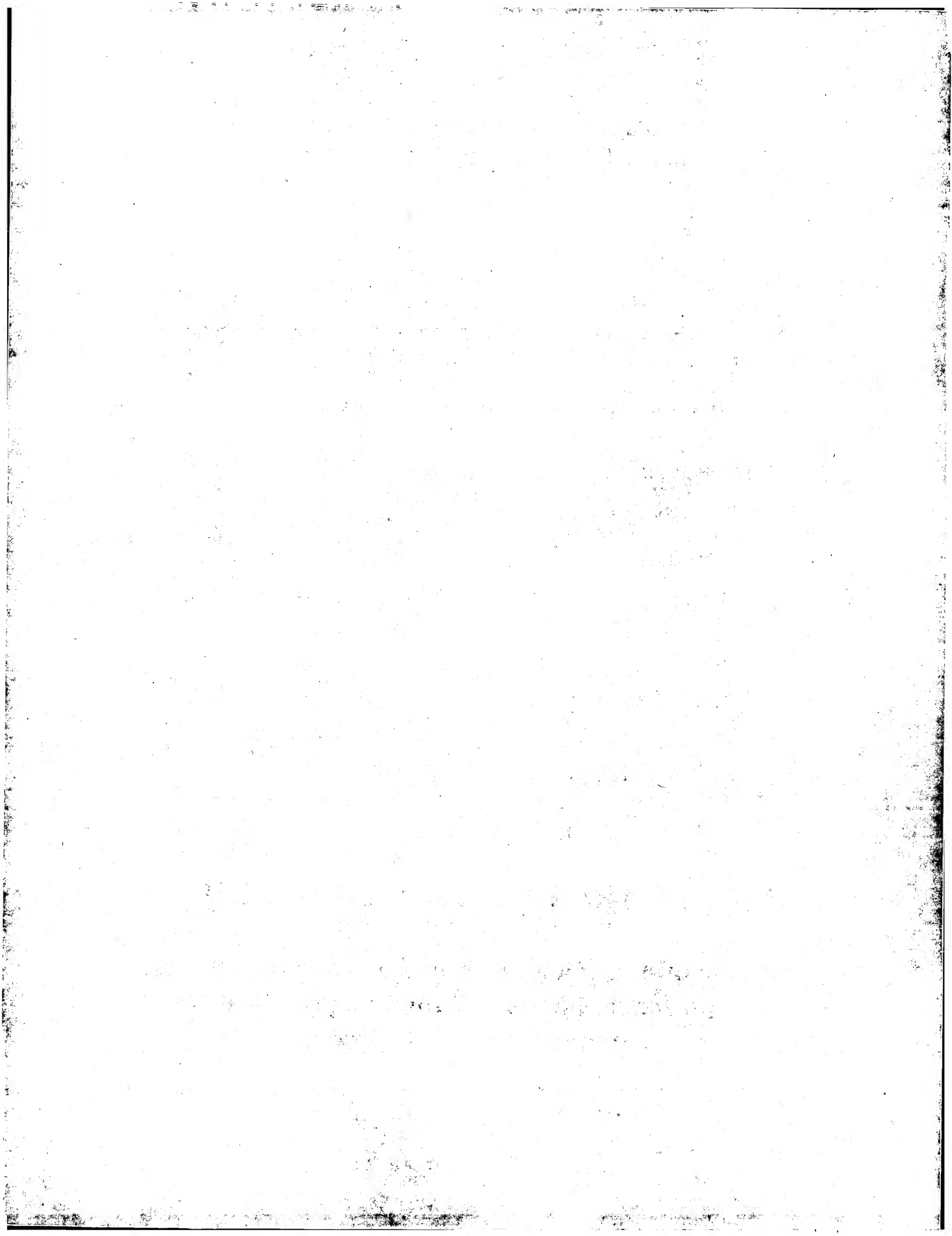
Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**





19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 41 20 205 A 1

51 Int. Cl. 5:  
F 27 D 21/00

11

21 Aktenzeichen: P 41 20 205.8  
22 Anmeldetag: 19. 6. 91  
43 Offenlegungstag: 24. 12. 92

*erloden*  
*le*

DE 41 20 205 A 1

71 Anmelder:  
Feuerfest Überwachungstechnologie Saveway  
GmbH, O-6312 Langewiesen, DE

74 Vertreter:  
Thielking, B., Dipl.-Ing.; Elbertzhagen, O., Dipl.-Ing.,  
Pat.-Anwälte, 4800 Bielefeld

72 Erfinder:  
Hopf, Manfred, Dr.-Ing., O-6121 Einsiedel, DE

54 Vorwarneinrichtung für Induktionsschmelzöfen

57 Anmeldungsgegenstand ist eine Vorwarneinrichtung für Durchbrüche von Metallschmelzen an keramischen Ofenfuttern von Induktionsschmelzöfen. Sie weisen ein auf der Außenseite des jeweiligen Ofenfutters anzuordnendes Netzwerk von Elektroden auf, die in zwei Gruppen unterschiedlicher Polarität unterteilt sind, die in Abständen voneinander angeordnet sind und die zur Ermittlung des Widerstandes des Ofenfutters mit einer Auswerteinheit verbindbar sind. Es soll bei einer solchen Einrichtung die Aufgabe gelöst werden, die Anbringung des Elektrodennetzwerks an der Außenseite des Ofenfutters zu vereinfachen und eine hohe Anzeigersicherheit des gesamten Systems zu gewährleisten. Dazu ist das Elektrodennetzwerk einseitig auf einer keramischen Folie angeordnet, die entweder mit der mit dem Elektrodennetzwerk versehenen Seite oder mit der diesem abgewandten Seite an der Außenseite des Ofenfutters anzuordnen ist, wobei die Folie im ersten Fall eine niedrigere Wärmeleitfähigkeit sowie eine geringere elektrische Leitfähigkeit und im zweiten Fall eine etwa gleiche oder höhere Wärmeleitfähigkeit sowie eine etwa gleiche oder höhere elektrische Leitfähigkeit gegenüber dem keramischen Material des Ofenfutters hat. Das Elektrodennetzwerk kann auch in einer Matte zwischen zwei solcher keramischen Folien angeordnet sein.

DE 41 20 205 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorwarneinrichtung für Durchbrüche von Metallschmelzen an keramischen Ofenfuttern von Schmelzöfen der im Gattungsbegriff des Patentanspruchs 1 näher bezeichneten Art. Bei solchen Schmelzöfen unterliegen die keramischen Ofenfütter im Betrieb sehr harten thermischen, chemischen und mechanischen Beanspruchungen. Es bilden sich dadurch Auswaschungen und eventuell Risse, die bei einem Induktionsschmelzofen bis zum Induktor vordringen können. Wird ein Durchdringen der flüssigen Metallschmelze zum Induktor hin nicht rechtzeitig erkannt, kann es zu erheblichen Beschädigungen des Induktionsschmelzofens und im Extremfall sogar zur explosionsartigen Entleerung des Schmelzaggregates kommen.

Um solche Defekte bei Induktionsschmelzöfen frühzeitig erkennen zu können, ist eine Vorwarneinrichtung der gattungsgemäßen Art bekannt, die das Prinzip der Widerstandsmessung nutzt. Dies beruht auf der Erkenntnis, daß der elektrische Widerstand zwischen zwei beliebigen Kontaktpunkten an der Außenseite des keramischen Ofenfutters von der Temperatur abhängig ist, indem er mit zunehmender Temperatur erheblich sinkt, und zwar um einige Zehnerpotenzen im hochhohen Bereich. Bahnt sich in der Wandung des Ofenfutters eine Durchbruchstelle an, findet außenseitig eine örtliche Temperaturerhöhung statt, die man bei geeigneter Verteilung der Elektroden an der Außenwand des Ofenfutters über die Widerstandsmessung feststellen kann. Das Problem liegt darin, das Elektrodennetzwerk ausreichend engmaschig an der Außenseite des keramischen Ofenfutters anordnen zu können, um eine sichere Frühwarnung des sich anbahnenden Schmelzendurchbruchs erzielen zu können.

Es ist eine gattungsgemäße Vorwarneinrichtung für einen Induktionsschmelzofen bekannt, bei der das Elektrodennetzwerk in Nuten auf der Außenseite eines sogenannten Fertigtiegels angeordnet ist, der in einen Induktionsofen als vorgefertigtes Teil eingesetzt und dort mit einer keramischen Hinterstampfmasse umgeben wird, um den notwendigen Ringspalt zur Induktorwandung hin auszufüllen. Hierbei liegt zwar das Elektrodennetzwerk in ausreichendem Abstand vor der Induktorwandung, um eine sich anbahnende Durchbruchsstelle rechtzeitig signalisieren zu können, ohne daß der Induktor Schaden nimmt. In der Praxis ist jedoch der Einsatz von Fertigtiegeln sehr gering; denn überwiegend wird eine konventionelle Ofenzustellung bevorzugt, bei der das Ofenfutter am Einsatzort aus dem keramischen Material aufgebaut wird. Bei diesem Zustellungsverfahren bestehen erhebliche Schwierigkeiten, das Elektrodennetzwerk zur Signalisation von Durchbruchstellen mit einem vertretbaren Aufwand so installieren zu können, daß eine sichere und genaue Früherkennung einer Fehlerstelle möglich ist. Man hat sich bei der konventionellen Zustellung mit der Verwendung von Stabelektroden beholfen, die in vertikaler Ausrichtung zwischen einer Wärmedämmschicht und dem Tiegelmateriale entlang dem Umfang des Tiegels angeordnet wurden, vergleiche DE-OS 27 18 016. Auch hier wird die Verringerung des elektrischen Widerstandes des zumindest teilweise ausgesinterten, keramischen Tiegelmateriale zwischen den benachbarten Elektroden infolge Temperaturerhöhung ausgewertet. Der Nachteil dieses bekannten Systems liegt in der Gefahr eines Kurzschlusses der Induktorspannung sowie einer Beeinflussung der Meßspannung über die vertikalen Elektroden bei feuchter Wär-

medämmschicht, zum anderen ist die Installation und der Anschluß der Elektroden aufwendig. Bezüglich der Anzeigesicherheit zeigt das bekannte System ebenfalls Mängel, da die vordringende Metallschmelze relativ spät erkannt wird.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, eine Vorwarneinrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, welche die Anbringung des Elektrodennetzwerks an der Außenseite des Ofenfutters vereinfacht und eine hohe Anzeigesicherheit des gesamten Systems gewährleistet.

Diese Aufgabe wird bei einer Vorwarneinrichtung der gattungsgemäßen Art nach der Erfindung durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

Der besondere Vorteil einer erfindungsgemäßen Vorwarneinrichtung liegt darin, daß die keramische Folie mit dem aufgetragenen Elektrodennetzwerk für den jeweiligen Einsatzfall vorgefertigt werden und unabhängig davon verwendet werden kann, ob das keramische Ofenfutter in herkömmlicher Zustellung im Schmelzofen, wie einem Induktionsschmelzofen, aufgebaut oder als Fertigtiegel in den Ofen eingebracht wird. Die keramische Folie mit dem integrierten Elektrodennetzwerk läßt sich leicht in äquidistanter Anordnung zur Induktorwandung bei einem Induktionsschmelzofen anbringen, wobei sie noch zusätzlich die Aufgabe als Wärmedämmschicht mit übernehmen kann. Als keramisches Folienmaterial wird vorzugsweise ein feines, filzartiges Faservlies aus keramischem Werkstoff verwendet, wie es an sich bekannt und in etwa in seinen mechanischen Eigenschaften mit einer steifen Papier- oder Kartonbahn vergleichbar ist.

Nach der Erfindung wird nicht mehr im keramischen Tiegelmateriale selbst sondern von außen in das keramische Material hineingemessen, deshalb ist es wichtig, daß zum einen bei Anordnung der keramischen Folie zwischen dem Elektrodennetzwerk und der Außenseite des keramischen Ofenfutters der keramische Folienwerkstoff ein Verhalten hat, welches dem des Ofenfutters ähnlich ist. Wird hingegen zum anderen das Elektrodennetzwerk zwischen dem keramischen Folienmaterial und dem keramischen Ofenfutter angeordnet, muß der Wärmewiderstand und der elektrische Widerstand des Folienwerkstoffes höher, zweckmäßig sehr viel höher als der des Ofenfutters sein. Daraus ergibt sich, daß eine besonders vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung darin liegt, das Elektrodennetzwerk zwischen zwei solcher keramischen Folien anzuordnen, von denen die benachbart der Außenseite des Ofenfutters anzuordnende Folie eine etwa gleiche oder höhere Wärmeleitfähigkeit sowie einen niedrigeren spezifischen Widerstand und die auf der vom Ofenfutter abgewandten Seite anzuordnende Folie eine niedrigere Wärmeleitfähigkeit sowie einen höheren spezifischen Widerstand als das keramische Material des Ofenfutters haben. Die thermischen und elektrischen Isolationseigenschaften derjenigen keramischen Folie, welche die höheren Widerstandswerte hat, ermöglichen es sogar, eine separate Dämmschicht einzusparen, die bei einem Induktionsschmelzofen zwischen der Induktorwandung und dem keramischen Ofenfutter üblicherweise vorgesehen wird.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der Zeichnung an einem Ausführungsbeispiel noch näher erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1 einen schematischen Längsschnitt durch einen Induktionsschmelzofen.

Fig. 2 in vergrößerter Darstellung das Schnittbild der Ofenwandung gemäß dem Ausschnitt in Fig. 1,

Fig. 3 die perspektivische Ansicht einer vorgefertigten, keramischen Matte als Element einer Vorwarnrichtung für Durchbrüche von Metallschmelzen bei einem Induktionsschmelzofen nach den Fig. 1 und 2 und

Fig. 4 die Abwicklung einer Auskleidung eines Induktionsschmelzofens mit mehreren Matten gemäß Fig. 3 einschließlich einer Darstellung der Verbindung mit der zugehörigen elektrischen Auswerteinheit.

Im einzelnen erkennt man an dem in Fig. 1 dargestellten Induktionsschmelzofen einen Schmelzraum 1, der bis auf eine obere Öffnung vollständig von einem Ofenfutter 2 umgeben wird, das aus einem sinterfähigen, keramischen Material besteht. Wie in Ergänzung Fig. 2 weiter erkennen läßt, schließt radial nach außen an das Ofenfutter 2 eine Zwischenlage 3 an, in die ein Elektrodennetzwerk 7 eingebettet ist, worauf nachstehend noch näher eingegangen werden wird. Die Zwischenlage wird weiter nach außen hin von einer Spulenausgleichsmasse 4 umgeben, hinter der weiter radial nach außen hin eine Induktionsspule 5 und ein Magnetleiter 6 in Gestalt eines Joches liegen.

Die Besonderheit eines solchen Induktionsschmelzofens liegt in der Ausbildung der Zwischenlage 3 zwischen dem keramischen Ofenfutter 2 und der Spulenausgleichsmasse 4, weil diese Zwischenlage 3 sowohl eine Dämmfunktion übernimmt als auch das erwähnte Elektrodennetzwerk 7 aufweist, welches zu einem elektrischen Überwachungssystem zur rechtzeitigen Signalisierung von Durchbrüchen von Metallschmelzen durch das keramische Ofenfutter 2 hindurch gehört. Dieses Elektrodennetzwerk 7 erstreckt sich über den gesamten Umfang entlang der Außenseite des keramischen Ofenfutters 2, wie anhand der Abwicklung gemäß Fig. 4 weiter unten noch erläutert werden wird. Die Zwischenlage 3 besteht aus einem oder mehreren vorkonfektionierten Bauteilen, was nachstehend anhand von Fig. 3 beschrieben wird.

Entlang dem Umfang des Ofenfutters 2 setzt sich die Zwischenlage 3 aus einer Mehrzahl von vorgefertigten, keramischen Matten 8 zusammen, die jeweils über die Höhe des Ofenfutters 2 reichen. Eine solche keramische Matte 8 ist in Fig. 3 wiedergegeben, es handelt sich um ein solches vorkonfektioniertes Bauteil, das an den jeweiligen Ofentyp angepaßt ist, für den es verwendet werden soll. Es weist eine innere Folie 9 und eine äußere Folie 10 auf, die beide einen beispielsweise filzartigen Aufbau aus keramischen Fasern haben. Beide Folien 9 und 10 haben etwa die Stärke und die Biegefähigkeit von Karton, sie lassen sich deshalb in ihrem Verbund der Innenrundung der Ofenwandung anpassen, die ohne Zustellung durch die Spulenausgleichsmasse 4 (Fig. 1 und 2) gebildet wird. Man kann die Folien 9 und 10 deshalb auch als ein Bahnmaterial bezeichnen, weil sie von längeren Bahnen des keramischen Werkstoffes abgelängt werden können.

Das elektrische Überwachungssystem beruht auf dem Prinzip der Widerstandsmessung des keramischen Ofenfutters 2 zwischen zwei Elektroden 11, die in einer Mehr- oder Vielzahl in einer besonderen Konfiguration das Elektrodennetzwerk 7 bilden, welches zwischen den beiden keramischen Folien 9 und 10 angeordnet ist. Es muß also von der in Einbaulage außenseitig an dem Ofenfutter 2 anliegenden Matte 8 in das keramische Material des Ofenfutters 2 hineingemessen werden. Deshalb hat die unmittelbar an dem Ofenfutter 2 anliegende Folie 9 elektrische Leiteigenschaften und Wär-

meleiteigenschaften, die denjenigen des Ofenfutters 2 entsprechen oder wenigstens ähnlich sind. Die in Einbaulage vom Ofenfutter 2 abliegende, äußere Folie 10 hat dagegen Dämmeigenschaften, sie weist also eine sehr viel geringere elektrische Leitfähigkeit und Wärmeleitfähigkeit als die innere Folie 9 auf. Die jeweils erforderlichen spezifischen Widerstände der Folien 9 und 10 in Relation zu dem keramischen Material des Ofenfutters 2 können durch geeignete Zuschläge eingestellt werden, die dem keramischen Werkstoff der Folien 9 und 10 beigegeben werden.

Die Elektroden 11 des Elektrodennetzwerkes 7 bestehen aus einem Material, das eine hohe Temperaturwechselbeständigkeit, eine hohe Warmfestigkeit und gute Korrosionsbeständigkeit hat; hierfür kommen austenitische Elektrodenröhren in Betracht. Die Elektroden 11 sind einer ersten Gruppe 12 und einer zweiten Gruppe 13 zugeordnet, wobei die Elektroden 11, die einander benachbart liegen, zu den verschiedenen Gruppen 12 und 13 gehören und relativ zueinander äquidistant angeordnet sind. Deshalb bilden die Elektroden 11 der beiden Gruppen 12 und 13 einander gegenüberliegende kammartige Gebilde, die in Richtung der Kammzähne ineinandergreifen, so daß jeweils eine Elektrode 11 der einen Gruppe 12 Elektroden 11 der anderen Gruppe 13 benachbart ist. Dieses gesamte Elektrodennetzwerk 7 befindet sich zwischen den beiden Folien 9 und 10, die in geeigneter Weise miteinander verbunden sind, wodurch zugleich das Elektrodennetzwerk 7 fixiert ist. Auf der Matte 8 sind an geeigneter Stelle Zuleitungen 14 und 15 herausgeführt, die mit je einer der Elektrodengruppen 12 und 13 verbunden sind, die im Betrieb mit voneinander verschiedenen Polaritäten beaufschlagt werden.

Wie Fig. 4 veranschaulicht, werden in Umfangsrichtung um das Ofenfutter 2 herum mehrere der keramischen Matten 8, beispielsweise 5, angeordnet. In der Praxis werden die Matten 8 entlang der durch die keramische Ausstreichmasse 4 gebildete Innenwandung des Induktors als Zwischenlage 3 (Fig. 1 und 2) vor der Zustellung des Ofenfutters 2 verlegt. In Fig. 4 ist die zu überwachende, von den Matten 8 also zu überdeckende Höhe des Ofenfutters mit dem Pfeil A und der entsprechende Umfang mit dem Pfeil B gekennzeichnet. Damit für jede der Matten 8 partiell eine Durchbruchüberwachung möglich ist, ist die jeweilige eine Zuleitung einer Matte 8 mit einem separaten Eingang einer Auswerteinheit 16 elektrisch verbunden, während die übrigen Zuleitungen der Matten 8 an einem Basispotential liegen. Jede dieser Matten 8 bildet ein Überwachungssegment für sich, so daß entlang dem Umfang des Ofenfutters ein sich anbahnender Schmelzendurchbruch zonen- oder segmentbezogen von der Auswerteinheit 16 angezeigt werden kann. Damit ist eine Lokalisierung des sich anbahnenden Fehlerfalles möglich. Anders als beim dargestellten Ausführungsbeispiel können die Matten 8 auch in Höhenrichtung gegeneinander abgeteilt sein, wenn eine Lokalisierung der sich anbahnenden Fehlerstelle in Höhenrichtung des Ofenfutters gewünscht wird.

Über die Auswerteinheit 16 werden die beiden Gruppen 12, 13 des Elektrodennetzwerkes 7 (Fig. 3) mit einer sinusförmigen Wechselspannung beaufschlagt, deren Frequenz zwischen 20 und 30 Hz liegt. Dieser Frequenzbereich hat sich mit Rücksicht auf die übliche Netzfrequenz von 50 Hz und die Frequenzen, mit denen der Induktor eines Induktionsschmelzofens betrieben wird, als diejenige erwiesen, bei der die geringsten Störungen infolge von Oberwellen-, Streueffekten und

Schaltüberspannungen auftreten. Das hängt zusätzlich mit der Komplexität der elektrischen Widerstände zusammen, die zwischen den Elektroden 11 der beiden Gruppen 12 und 13 des Elektrodennetzwerks 7 liegen und die eine kapazitive Komponente haben, welche mit durch die jeweilige Matte 8 bedingt ist, in die das betreffende Elektrodennetzwerk 7 eingebettet ist. Durch eine Meßgleichspannung hervorgerufene Fehlanzeigen, die durch Polarisationserscheinungen im Material des Ofenfutters bedingt sind, werden durch die genannte Meßwechselspannung vermieden.

#### Patentansprüche

1. Vorwarneinrichtung für Durchbrüche von Metallschmelzen an keramischen Ofenfuttern von Schmelzöfen, insbesondere von Induktionsschmelzöfen mit einem auf der Außenseite des jeweiligen Ofenfutters anzuordnenden Netzwerk von Elektroden, die in zwei Gruppen unterschiedlicher Polarität unterteilt sind, welche in Abständen voneinander angeordnet sind und die zur Ermittlung des elektrischen, temperaturabhängigen Widerstandes des Ofenfutters zwischen den beiden Elektrodengruppen mit einer Auswerteinheit verbindbar sind, dadurch gekennzeichnet, daß das Elektrodennetzwerk (7) einseitig auf einer keramischen Folie (9) oder (10) angeordnet ist, die entweder mit der mit dem Elektrodennetzwerk (7) versehenen Seite oder mit der diesem abgewandten Seite an der Außenseite des Ofenfutters (2) anzuordnen ist, wobei die Folie (9) oder (10) im ersten Fall eine niedrigere Wärmeleitfähigkeit sowie eine geringere elektrische Leitfähigkeit und im zweiten Fall eine etwa gleiche oder höhere Wärmeleitfähigkeit sowie eine etwa gleiche oder höhere elektrische Leitfähigkeit gegenüber dem keramischen Material des Ofenfutters (2) hat.
2. Vorwarneinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die keramische Folie (9) oder (10) bei Anordnung mit dem Elektrodennetzwerk (7) benachbart der Außenseite des Ofenfutters (2) einen niedrigeren spezifischen elektrischen Widerstand und bei Anordnung mit dem Elektrodennetzwerk (7) auf der dem Ofenfutter (2) abgewandten Seite einen höheren spezifischen elektrischen Widerstand als das keramische Material des Ofenfutters (2) hat.
3. Vorwarneinrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Elektrodennetzwerk (7) zwischen zwei keramischen Folien (9 und 10) angeordnet ist, von denen die benachbart der Außenseite des Ofenfutters (2) anzuordnende Folie (9) eine etwa gleiche oder höhere Wärmeleitfähigkeit sowie einen niedrigeren spezifischen Widerstand und die auf der vom Ofenfutter (2) abgewandten Seite anzuordnende Folie (10) eine niedrigere Wärmeleitfähigkeit sowie einen höheren spezifischen Widerstand als das keramische Material des Ofenfutters (2) hat.
4. Vorwarneinrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden keramischen Folien (9 und 10) mit dem dazwischen angeordneten Elektrodennetzwerk (7) zu einer vorgefertigten, keramischen Matte (8) mit herausgeführten Anschlußleitungen (14, 15) einbaufertig zusammengefügt sind.
5. Vorwarneinrichtung nach einem der Ansprüche

1-4, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere keramische Folien (9 oder 10) oder keramische Matten (8) in Umfangs- und/oder in Höhenrichtung des betreffenden Ofenfutters (2) vorgesehen werden, die je für sich mit der Auswerteinheit (16) zwecks getrennter Überwachung verbindbar sind.

6. Vorwarneinrichtung nach einem der Ansprüche 1-5, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Gruppen (12, 13) des Elektrodennetzwerks (7) einer Folie (9 oder 10) oder Matte (8) mit einer sinusförmigen Wechselspannung beaufschlagt werden, deren Frequenz zwischen 20 und 30 Hz liegt.

7. Vorwarneinrichtung nach einem der Ansprüche 1-6, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden (11) einer Gruppe (12, 13) eine Kammform haben und beide Elektrodengruppen (12 und 13) mit den in Richtung der Kammzähne angeordneten Elektroden (11) einander abwechselnd sowie äquidistant ineinandergreifend angeordnet sind.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 2

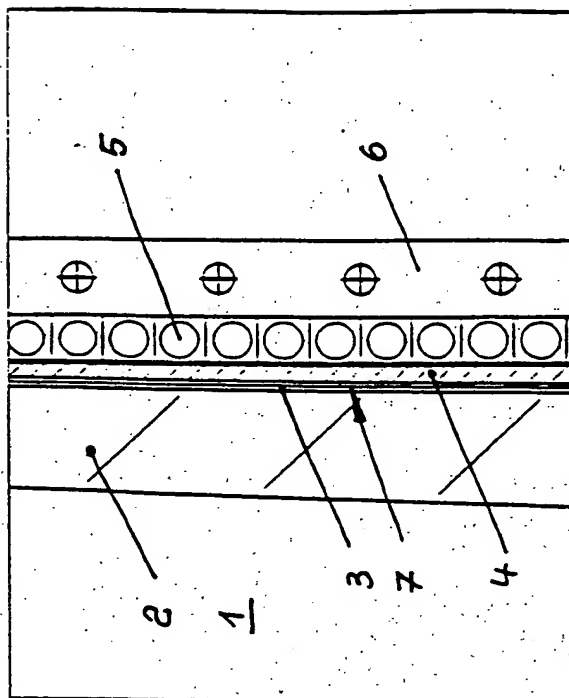
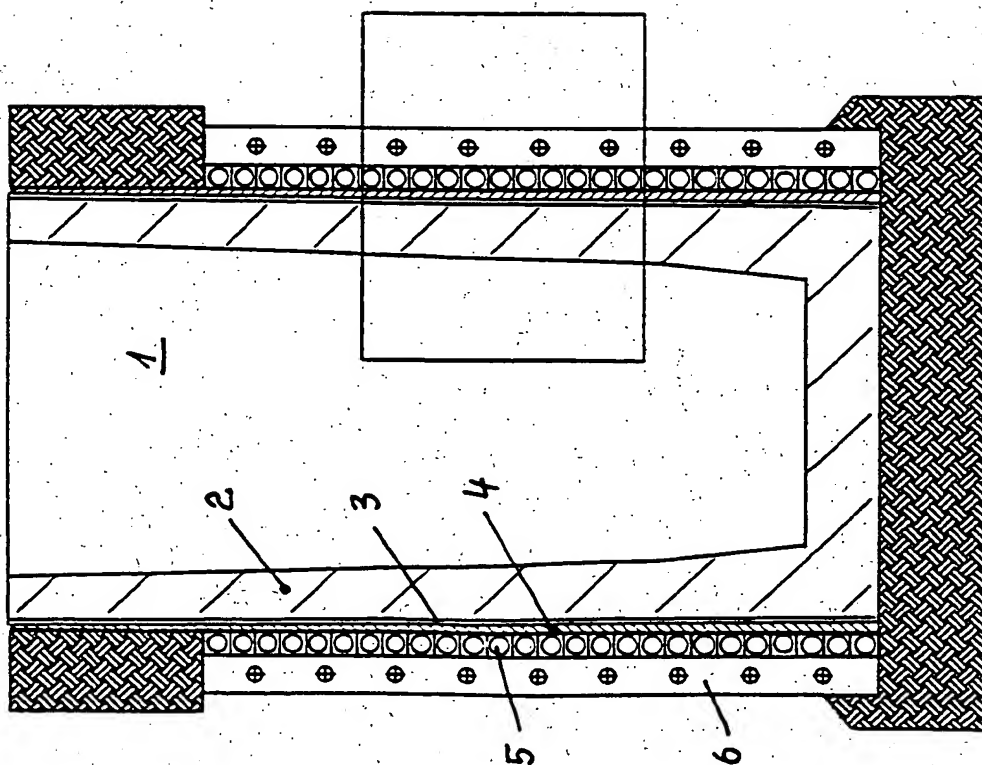


Fig. 1



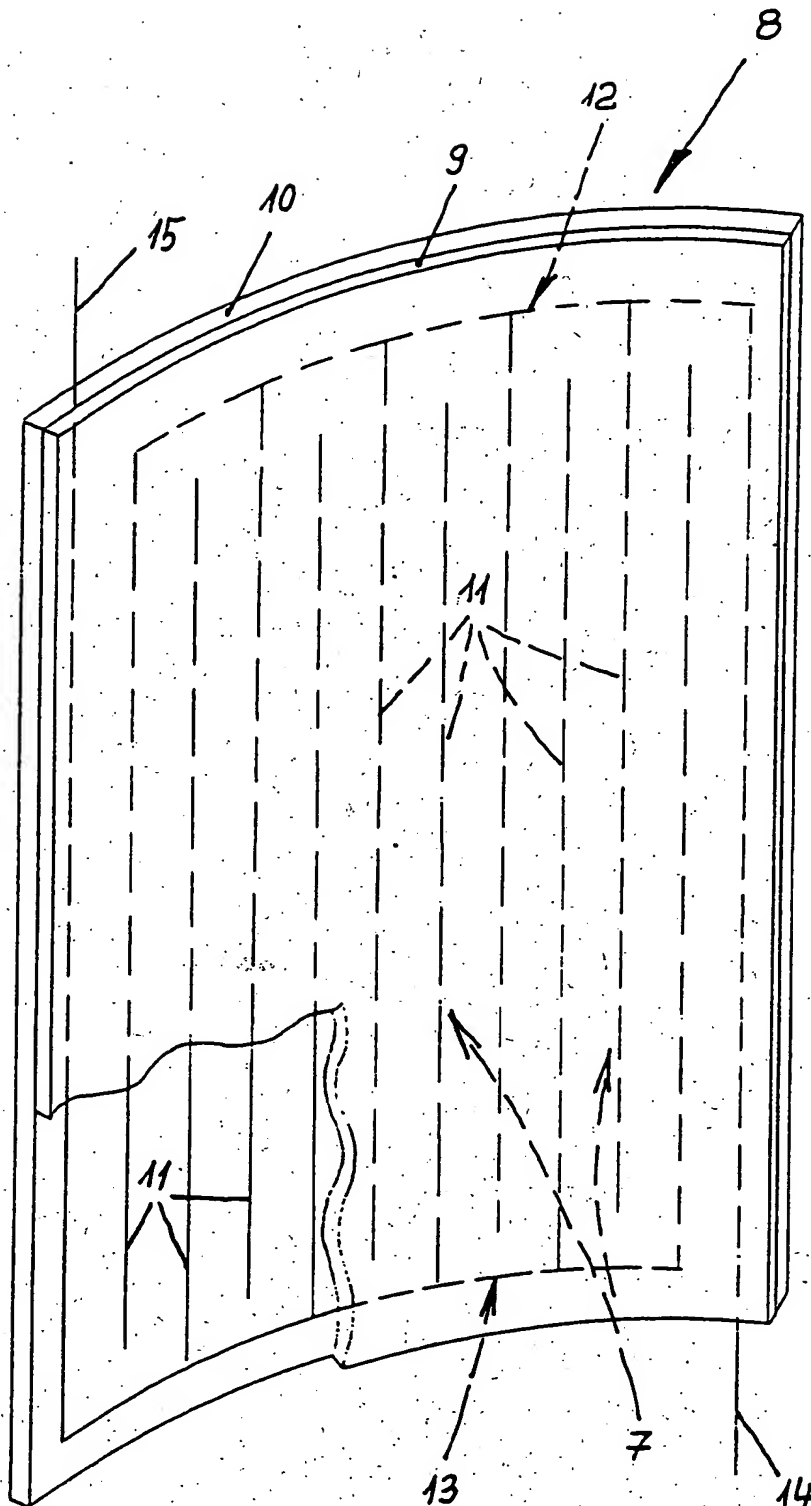


Fig. 3

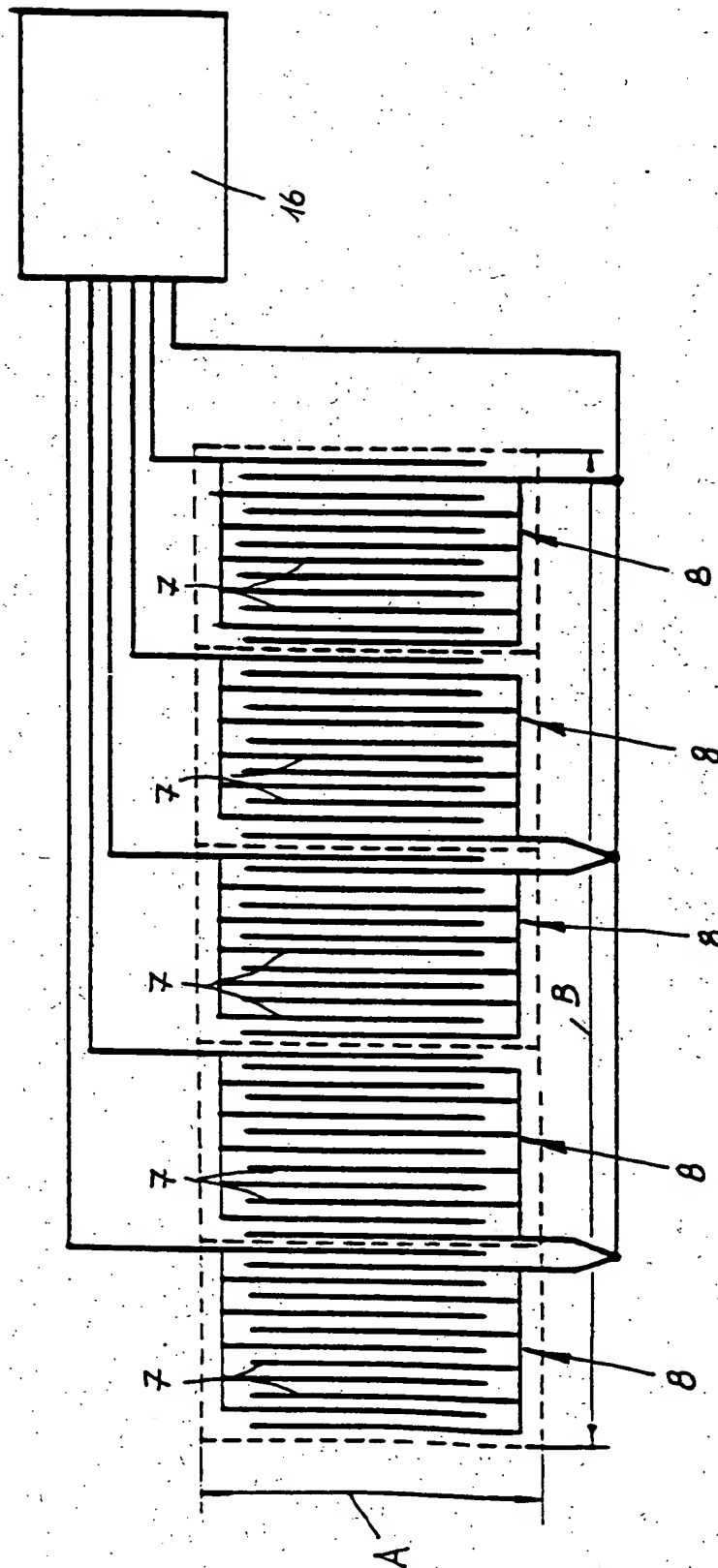


Fig. 4